

Alternativa contra descargas atmosféricas para novos prédios da UFF

Antonio Ricardo Ribeiro do Outão¹

Airton Bodstein de Barros²

Resumo

Este trabalho tem como proposta a utilização do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas pelo método de descidas naturais nos novos prédios da Universidade Federal Fluminense (UFF) que fazem parte do REUNI (Reforma Universitária), de uma forma econômica e tecnicamente viáveis, melhorando a eficácia, pois estão consolidadas às próprias fundações das edificações, reduzindo a impedância, visto que o eletrodo de aterramento tem maior área de contato com o solo.

Palavras-chave: descargas atmosféricas; desastre natural; aterramento; estruturas de concreto armado.

Abstract

This work has as proposal the use of the System of Protection against atmospheric discharges for the method of natural descendings in the new building of Fluminense Federal University (UFF) that they are part of the University Reformation, of a economic form and technical viable, improving the effectiveness, therefore are consolidated to the proper foundations of the constructions, having reduced the impedance, since the grounding electrode has greater area of contact with the ground.

Keywords: atmospheric discharges; natural disaster; grounding; structures de armed concrete.

¹ Graduado em Engenharia Elétrica e Civil pela UFF, Licenciado em Física pela UFF, Professor de Física e Eletrotécnica, Perito e Mestrando em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense
e-mail: antonioricardooutao@gmail.com

² Doutor em Química Ambiental pela Universidade de Rennes, França
Professor e Coordenador do Curso de Mestrado em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense
e-mail: airton@defesacivl.uff.br



Introdução

As descargas atmosféricas, freqüentemente denominadas de relâmpagos, são descargas elétricas que apresentam alta luminosidade e alta intensidade de corrente.

Os relâmpagos ocorrem predominantemente em nuvens de tempestade do tipo Cumulonimbus³ (Pinto Jr. e Pinto, 1996). Com todas essas descargas, a duração total do relâmpago é geralmente de alguns décimos de segundo (Iribarne e Cho, 1980), com uma temperatura em torno de 30.000 °C, ou seja, cinco vezes a temperatura na superfície do Sol (Gin 1997) e uma pressão de dez vezes a pressão atmosférica ao nível do mar (Assis et al, 1997). Este aquecimento súbito faz com que ocorra uma expansão do ar ao redor do canal ionizado produzindo o trovão. Os efeitos dos relâmpagos sobre os seres humanos podem ser destrutivos e muitas vezes fatais. Cerca de 100 relâmpagos para o solo ocorrem a cada segundo no mundo (Uman, 1987; Gin, 1997), sendo que apenas 5 % destes ocorrem sobre os oceanos (Volland, 1982; Gin, 1997).

Análise do tema no âmbito da Defesa Civil no Brasil

Um estudo elaborado pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT, 2008), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), concluiu que o Brasil é o país com maior incidência de raios do mundo e evidenciou um aumento de 102,7% na incidência de raios nos últimos dois anos comparados aos dois anos anteriores.

Embora a previsão de temporais seja atividade corriqueira nos serviços de meteorologia, o efeito dos raios sobre pessoas e edificações impõe desafio permanente aos organismos de defesa civil.

O Brasil por ser um país de dimensões continentais, e em função da sua localização geográfica, sofre com a incidência de descargas atmosféricas, fenômenos estes que causam prejuízos irreparáveis à sociedade, tais como: avarias em equipamentos elétricos, incêndios, explosões, óbito de seres humanos e animais (Naccarato, 2005).

Os riscos⁴ à vida e danos a instalações vem redobrando a preocupação das grandes empresas com os raios, que causam prejuízos de milhões de reais a cada ano. Seguindo o exemplo de concessionárias de energia elétrica, que intensificaram nos anos 1990 o

³ Cumulonimbus é uma nuvem de tempestade que possui uma grande extensão vertical, e sua largura pode atingir algumas dezenas de quilômetros.

⁴ Risco é a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinados se concretize (PNDC,2007).



monitoramento meteorológico em áreas de cobertura, a Petrobras faz o mesmo em suas refinarias desde 2003.

O tema do trabalho escolhido encontra sustentação na atividade de planejamento da defesa civil, com objetivos direcionados para as causas de incêndios e garantia da integridade das edificações através da redução da vulnerabilidade⁵, as quais estão expostas as instalações, pessoas que moram, estudam e trabalham nestes locais, diante das ameaças⁶.

Com a redução da vulnerabilidade, objetiva-se a redução de índices de letalidade, a redução de prejuízos materiais no que diz respeito aos gastos destinados à recuperação ou recomposição de áreas afetadas, bem como equipamentos, além de favorecer a manutenção do próprio sistema de proteção.

Metodologia

O risco associado às descargas atmosféricas em edificações

O conceito de risco associado às descargas atmosféricas está relacionado à expectativa de danos anuais médios (de pessoas e bens), resultantes de descargas atmosféricas sobre uma edificação.

Devido ao seu alto índice de atividade elétrica, o Brasil tem sido considerado um dos principais responsáveis por manter o circuito elétrico global⁷.

Independentemente dos estudos que estão sendo desenvolvidos para melhor conhecer o comportamento do fenômeno, é necessário que sejam desenvolvidas e difundidas tecnologias adequadas de SPDA, levando-se em consideração na concepção do projeto, as influências ambientais, a resistividade do solo, a zona de captação, a redução da abrangência da manutenção, bem como impor dificuldade aos atos de vandalismo e furtos de cabos de cobre, presentes nos atuais sistemas convencionais de proteção contra descargas atmosféricas.

Segundo a Norma Brasileira “Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas” (NBR 5419-2005) da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a probabilidade de uma estrutura ser atingida por um raio em um ano é o produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra pela área de exposição equivalente da estrutura.

⁵ Vulnerabilidade é definida como condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis (PNDC, 2007).

⁶ Ameaça é a estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação.

⁷ Atividade elétrica decorrente da migração de nuvens para as grandes cidades devido às “Ilhas de Calor”. Cada vez mais as grandes cidades têm sofrido com a ocorrência dos relâmpagos.

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano. O valor de (N_g) para uma dada região pode ser estimado pela equação: $N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$ [por km^2/ano] onde T_d é o número de dias de trovoadas por ano, obtido de mapas isoceraúnicos⁸ (Figura 1).

De acordo com a equação: $N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$, estando a cidade de Niterói localizada na curva isoceraúnica próxima de 30, temos: $N_g \approx 3,0$, ou seja, estima-se que em uma superfície de 1km^2 , caíam aproximadamente 3 raios por ano.

Figura1- Mapa de curvas isoceraúnicas do Brasil



Fonte: (Kinderman, 1995)

O risco de incidência de raios sobre as unidades da UFF localizadas nos Campi universitários do Gragoatá e Praia Vermelha no município de Niterói

Os Campi da UFF do Gragoatá (Figura 2) e Praia Vermelha (Figura 3), onde serão construídos os novos prédios do Reuni (Reforma Universitária) esta estimativa é preocupante em virtude de que a maioria das unidades se encontram próximas à Baía da Guanabara, em campo aberto, sendo o ponto mais alto dos arredores. Além disso, o solo sobre o qual serão

⁸ O mapa isoceraúnico do Brasil, mostra as isolinhas do índice ceraúnico. Esse índice é o número de dias por ano com trovoadas observadas em um local de 20km de raio.

erigidas as construções é composto de aterro, predominando nas camadas mais baixas matacões (blocos de rochas decorrentes de desmonte de morros) que não possuem características próprias para permitirem a passagem das correntes de descarga para a terra.

Figura 2- Mostra alguns dos seis prédios construídos no Campus do Gragoatá, no final da década de 1980.



fonte:http://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade_Federal_Fluminense)

Figura 3- Campus da Praia Vermelha - Prédios de Física e Instituto de Geociências, construídos no final da década de 1980





fonte:(http://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade_Federal_Fluminense)

Fundamentação

Em 1993 a ABNT, motivada pelo aumento da incidência de descargas e pelo avanço das pesquisas tecnológicas mundiais, iniciou estudos para atualização de antigas Normas que regulamentavam a instalação de SPDA (Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas) no Brasil, as quais passaram a compor a NBR 5419-2001, que já foi revisada em 2005, passando à NBR 5419-05, que teve como referência a Norma da IEC (International Electrical Commission). Com a edição dessa Norma, muitos conceitos foram atualizados e novas técnicas passaram a compor os sistemas de proteção fazendo com que atingissem eficiências satisfatórias, inclusive a possibilidade de usar a estrutura de concreto armado das estruturas. É sobre esse último item que pretendo direcionar este trabalho.

Aterramento

O aterramento consiste fundamentalmente de uma estrutura condutora, que é enterrada propositadamente ou que já se encontra enterrada, e que garante um bom contato elétrico com a terra, chamada eletrodo de aterramento⁹, e a ligação desta estrutura condutora aos elementos condutores da instalação elétrica que não são destinados à condução da corrente.

As características e o desempenho do eletrodo de aterramento deve satisfazer às prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação. Esta ligação elétrica intencional com a terra, em caráter permanente ou temporário, é feita para prover a instalação de um potencial de referência e/ou de um caminho de impedância adequada à corrente de falta. Neste último aspecto, a terra deve ser considerada como um elemento do circuito por onde pode circular uma corrente, seja ela, proveniente de uma falta ou descarga atmosférica. No caso da falta de corrente, o fenômeno é eletrodinâmico e a corrente percorre sempre um caminho fechado incluindo a fonte e a carga. No caso da descarga atmosférica o fenômeno é eletrostático a corrente do raio circula pela terra para neutralizar as cargas induzidas no solo.

⁹ Termo normalizado na terminologia oficial brasileira, também conhecido como malha de terra.



Eletrodos convencionais

Trata-se de condutores verticais que podem ser constituídos de barra lisa embutida nos pilares com finalidade não estrutural ou cabos de cobre nas fachadas da edificação.

As descidas em cabos de cobre devem ser instaladas preferencialmente nas quinas principais da edificação e obedecerem a medidas de espaçamentos de acordo com o nível de proteção exigido para determinado uso e tipo da construção, devendo ser interligadas às hastes verticais enterradas no solo.

Instaladas especificamente para fins de aterramento, as hastes verticais, também conhecidas como hastes de terra, são normalmente constituídas de aço, recobertas por uma fina camada de cobre, recebem os condutores convencionais de cobre, podendo ser interligadas, ou não, por condutores horizontais.

Um fator a ser levado em consideração é o impacto estético que essa instalação acarreta para a edificação.

A NBR-5419/05 estabelece que a utilização de eletrodos de aterramento convencionais está condicionada:

- a) o tipo e a profundidade de instalação dos eletrodos de aterramento devem ser tais que as mudanças nas condições do solo (por exemplo, secagem) não aumentem a resistência do aterramento dos eletrodos acima do valor exigido.
- b) o projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão.
- c) resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- d) sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para fazer face às condições de influências externas.
- e) apresente baixo valor de resistência e impedância de aterramento,
- f) tenha distribuição espacial conveniente. Preferencialmente o eletrodo de aterramento convencional deve constituir um anel circundando o perímetro da edificação. A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende das condições locais do solo; devem ser selecionados um ou mais eletrodos adequados às condições do solo e ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado. O valor da resistência de aterramento do eletrodo de aterramento pode ser calculado ou medido. Os eletrodos convencionais como são produtos especialmente estabelecidos para este fim, podendo ser



especialmente fabricado para ser eletrodo como as hastes ou fabricado para outro uso elétrico como o cabo nu e usado como eletrodo.

Os eletrodos convencionais estabelecidos nas normas brasileiras estão indicados na Tabela1.

Tabela 1 - Eletrodos de aterramento convencionais

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente na vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20mmx20mmx3mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Cabo de cobre	25 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Na posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Na posição horizontal



Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Na posição horizontal
-------------------------	--	--

Eletrodos Naturais

Os eletrodos naturais são elementos metálicos, normalmente da estrutura da edificação, que pelas suas características têm uma topologia e contato com o solo melhor que os eletrodos convencionais e ainda apresentam uma resistência de aterramento também inferior.

O eletrodo de aterramento natural é constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações das edificações. A experiência tem demonstrado que as armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e das vigas baldrames, interligadas nas condições correntes de execução, constituem um eletrodo de aterramento de excelentes características elétricas. As armaduras de aço das fundações podem ainda, juntamente com as demais armaduras do concreto da edificação, constituir, nas condições prescritas pela NBR 5419/05, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (aterramento e gaiola de Faraday, complementado por um sistema captor).

O aterramento pelas fundações, já consagrado em diversos países e já previsto nas edições das NBR 5419/05, tem como características básicas: 1) o fato do concreto em contato com o solo absorver e reter água, provocando assim uma redução da resistividade elétrica; 2) a existência de grande quantidade de condutores (de aço) na superestrutura e infraestrutura, bastante superior a quantidade de condutores de cobre, que seriam utilizados para o mesmo fim.

O sistema de aterramento natural, por fazer parte da própria estrutura do prédio, não está sujeito a ser interrompido ou seccionado; portanto, não há risco de perda de eficiência. Sendo constituído de aço embutido em concreto, o sistema está praticamente protegido contra os efeitos de corrosão, pelo que se pode considerá-lo utilizável sem reservas ao longo de toda a vida do edifício. Como o material utilizado é o aço, a solução é mais econômica, uma vez que as fundações constituem o eletrodo de aterramento, poder-se-ia dotar os pilares do edifício de elementos condutores destinados a transferir para a cobertura o potencial da terra,

A proteção contra as descargas atmosféricas, segundo este procedimento, é especialmente eficiente e segura porque garante a multiplicidade de caminhos alternativos para o escoamento da corrente de descarga, diminuindo drasticamente os gradientes de tensão. Essa mesma multiplicidade de correntes em paralelo uniformiza, ao longo do edifício, as



flutuações de tensão devidas à descarga atmosférica, eliminando a possibilidade de descargas laterais (devido ao fato de parcelas da edificação permanecerem ao potencial do solo quando ocorre uma descarga concentrada através de um ou mais condutores de descidas).

Enfim, o eletrodo de aterramento, assim constituído, envolve toda a superfície do edifício enquanto que os eletrodos convencionais limitam-se a condutores externos de cobre conectados às hastes cravadas no solo, conforme visto anteriormente.

Conclusão

O grande número de ferros(aço) das fundações e das estruturas provê aterramento eficiente e gaiola de Faraday, que protege e atenua campos eletromagnéticos internos, diminui forças eletromotrizes induzidas nos circuitos da instalação e minimiza interferências prejudiciais a pessoas e equipamentos.

Como foi visto, deve-se preparar a estrutura, isto é, executar o projeto prevendo a utilização das armaduras do concreto da edificação como descidas naturais e as das fundações como eletrodo de aterramento.

Esse procedimento não só resultará em maior eficiência técnica como também econômica, tendo como “subproduto”; a atenuação dos campos eletromagnéticos internamente, atuando como blindagem (a qual pode, em certos casos, ser aumentada com a utilização de outros materiais, tais como telas e/ou chapas metálicas convenientemente especificadas e instaladas nas paredes, pisos e tetos).

Além disso, o sistema armadura condutora natural não necessita de anéis de cintamento horizontal (Item 5.1.2.5, d) da NBR-5419/05, visto que as ferragens de cada laje, ao serem interligadas com as ferragens dos pilares, fazem a função do anel horizontal.

Pelo mesmo motivo acima, ao ligarmos as massas metálicas às ferragens da laje, estamos garantindo a equalização com o SPDA.

O SPDA natural, reconhecido por importantes normas e recomendações publicadas ao longo desse período, como as normas brasileiras NBR 5419/05 e NBR 5410/04, a norma internacional IEC 61024-1-2 e os documentos estrangeiros ASE 4022, ANSI/IEEE std.142, BS 6651, entre outros, descritas nas publicações mencionadas encorajam cada vez mais essa prática em novas edificações.



Referências

- ABNT NBR- 5419/05(2005)- *Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas*.
- ABNT NBR- 5410/04(2004)- *Instalações elétricas de baixa tensão*.
- ABNT NBR- 6118/03(2003)- *Projeto de estruturas de concreto armado*.
- Assis, J.P.; Camargo, J.T., Fernandes, J.C.; Carmo, R.M.; Lima, S.T.; Carvalho, W.F. (1997) *“Relâmpagos Atmosféricos”*. São José dos Campos, SP.
- IEEE-STD-80 (1976) *Institute of electrical and electronics engineers*.
- Iribarne, J.V.; Cho, H.R. (1980) *“Atmospheric physics”*. Dordrecht, D. Reidel.
- Pinto JR., O. & Pinto, I. R. C. A.(2000) *Tempestades e relâmpagos no Brasil*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Kinderman, G. (1992). *Aterramento Elétrico*. 4º ed., Editora Sagra – DC Luzzatto, Porto Alegre.
- Naccarato, K. P. (2005) *Análise das Características dos relâmpagos na região Sudeste do Brasil*. São José dos Campos. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Uman, M.A. (1987) *All about lightning*. New York, Dover.
- Volland, H (2003). Quasi electrostatic fields within the atmosphere. In: Handbook of atmospheric
- Souza, K. T. *Resistência e Potenciais Elétricos para um Aterramento Situado na Primeira Camada Considerando o Solo com Qualquer Número de Camadas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia.